FA043124

ISSN 0335-3931

norme européenne

norme française

NF EN 12350-7
Mars 2001

Indice de classement : **P 18-443**

ICS : 91.100.30

Essais pour béton frais

Partie 7 : Teneur en air — Méthode de la compressibilité

E : Testing fresh concrete — Part 7: Air content — Pressure methods
D : Prüfung von Frischbeton — Teil 7: Luftgehalt — Druckverfahren

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 5 février 2001 pour prendre effet le 5 mars 2001.

Correspondance

La Norme européenne EN 12350-7:2000 a le statut d'une norme française.

Analyse

Le présent document décrit deux méthodes permettant de déterminer la teneur en air du béton frais compacté réalisé avec des granulats courants ou relativement lourds passant un tamis de 45 mm.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : béton, béton frais, compactage, dosage, air occlus, essai, conditions d'essai, appareillage, mode opératoire, étalonnage, résultats d'essai.

Modifications

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. international : + 33 1 42 91 55 55

Membres de la commission de normalisation

Président : M COSTE

Secrétariat : M BERGIER — AFNOR

M	ALEXANDRE	CTPL
M	ALVAREZ	CHBRE SYND DES ENTREPRENEURS
M	AMIAND	CERIB
M	BESSET	SNBPE
M	BOUINEAU	CEBTP
M	BOUTIN	SOCOTEC
M	BROCHERIEUX	SPIE-BATIGNOLLES
M	CHARONNAT	LCPC
M	COQUILLAT	CEBTP
M	COSTE	LCPC
M	DE LA JUGANNIERE	PEM PECHINEY
M	DELORT	ATILH
MLLE	DUBOIS	CERIB
M	ETIENNE	DAEI
M	FAUVEAU	ATILH
M	GARCIA	LAFARGE BETONS GRANULATS
M	GROSJEAN	UNM
M	GUIBON	UNIBETON SA
M	HAWTHORN	ARENA
M	HRABOVSKY	BNTEC ASSOCIATION
M	JACQUES	LCPC
M	LAINE	FIB
M	MAFFIOLO	EDF DION PRODUCTION TRANSPORT
M	MAILLOT	GROUPE RMC
M	MIERSMAN	SURSCHISTE SA
M	MONACHON	CAMPENON BERNARD SGE
M	MORIN	SNCF
M	NAPROUX	SIFRACO
M	NOVAK	SIKA SA
M	OLIVIER	EDF
MME	PAILLERE	
M	PIKETTY	PIKETTY FRERES
M	PIMIENTA	CSTB
M	POITEVIN	INGENIEUR CONSEIL
M	POULALION	PEM PECHINEY
M	RESSE	ABROTEC SARL
M	ROUGEAUX	GIE EUROMATEST SIN
M	SCHMOL	SNBATI
M	THONIER	SPETPFOM
M	VALLES	CERIB
MLLE	VINCENSINI	AFNOR

Avant-propos national

Références aux normes françaises

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

EN 12350-1 : NF EN 12350-1 (indice de classement : P 18-437)

EN 12350-6 : NF EN 12350-6 (indice de classement : P 18-440)

NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD

EN 12350-7

Avril 2000

ICS : 91.100.30

Version française

**Essais pour béton frais —
Partie 7 : Teneur en air —
Méthode de la compressibilité**

Prüfung von Frischbeton —
Teil 7: Luftgehalt — Druckverfahren

Testing fresh concrete —
Part 7: Air content — Pressure methods

La présente norme européenne a été adoptée par le CEN le 1er novembre 1999.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central ou auprès des membres du CEN.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version faite dans une autre langue par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale, et notifiée au Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

Réf. n° EN 12350-7:2000 F

Sommaire

Avant-propos

Le présent document a été préparé par le CEN/TC 104 «Béton — Performances, production, mise en œuvre et critères de conformité», dont le secrétariat est tenu par le DIN.

Le présent document doit être mis en application au niveau national, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en octobre 2000 et les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en octobre 2000.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

La présente norme fait partie d'une série traitant des essais pour béton frais.

En 1996 un projet de cette norme a été publié pour l'enquête CEN comme prEN 12395. Il a fait partie d'une série de méthodes d'essais pour béton frais ou durci numérotées séparément. Pour plus de commodité, il a été décidé d'intégrer ces projets de normes individuels dans trois nouvelles normes avec parties individuelles pour chaque méthode comme suit :

— Essai pour béton frais (prEN 12350:1999) ;

— Essai pour béton durci (prEN 12390:1999) ;

— Essai pour béton durci (prEN 12504:1999).

Cette série prEN 12350:1999 comporte les parties suivantes où les parenthèses donnent les numéros sous lesquels les méthodes d'essais particulières ont été publiées pour l'enquête CEN.

prEN 12350:1999 Essai pour béton frais :

— Partie 1 : Prélèvement (autrefois prEN 12378:1996) ;

— Partie 2 : Essai d'affaissement (autrefois prEN 12382:1996) ;

— Partie 3 : Essai Vébé (autrefois prEN 12350:1996) ;

— Partie 4 : Indice de serrage (autrefois prEN 12357:1996) ;

— Partie 5 : Essai d'étalement à la table à chocs (autrefois prEN 12358:1996) ;

— Partie 6 : Masse volumique (autrefois prEN 12383:1996) ;

— Partie 7 : Teneur en air — Méthode de la compressibilité (autrefois prEN 12395:1996).

La norme est fondée sur la norme internationale ISO 4848 — Béton — Détermination de la teneur en air du béton frais — Méthode de la compressibilité (Première édition : 1980-03-15). De même que la norme ISO, elle spécifie deux types de dispositifs de mesure pour effectuer l'essai, l'appareil à colonne d'eau et l'appareil à manomètre.

Les résultats d'une récente comparaison entre laboratoires, financée en partie par la CE dans le cadre du programme de mesure et d'essai, contrat MAT1-CT-94-0043, qui étudia ces deux méthodes de mesurage de la teneur en air, n'ont pas trouvé de différence importante entre elles. On s'est cependant aperçu dans ce programme qu'il y a lieu de prendre des précautions lors de l'utilisation d'un vibreur interne pour serrer les éprouvettes de béton frais contenant de l'air entraîné, afin d'éviter la perte d'air entraîné.

La détermination des valeurs de correction liée aux granulats applicables aux deux méthodes figure en annexes normatives A et B.

Les méthodes d'étalonnage des deux types d'appareillage figurent en annexes normatives C et D.

AVERTISSEMENT Le mélange du ciment avec de l'eau provoque un dégagement d'alcalins. Prendre des précautions pour éviter que du ciment sec ne pénètre dans les yeux, la bouche et le nez pendant le malaxage du béton. Éviter tout contact de la peau avec de la pâte de ciment ou du béton frais en portant des vêtements de protection appropriés. Si du ciment ou du béton pénètre dans les yeux, les rincer immédiatement et abondamment à l'eau claire et demander un traitement médical sans délai. Laver immédiatement la peau souillée par du béton frais.

1 Domaine d'application

La présente norme décrit deux méthodes permettant de déterminer la teneur en air du béton frais serré, confectionné avec des granulats courants ou relativement denses de 63 mm maximum.

NOTE L'une comme l'autre de ces méthodes peut ne pas être applicable aux bétons de granulats légers, au laitier de haut-fourneau refroidi à l'air ou aux granulats à forte porosité, en raison de l'importance du facteur de correction lié au granulat par rapport à la teneur en air entraîné du béton.

2 Références normatives

Cette Norme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette Norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

EN 12350-1:1999, *Essais pour béton frais — Partie 1 : Prélèvement.*

EN 12350-6:1999, *Essais pour béton frais — Partie 6 : Masse volumique.*

3 Principes

3.1 Généralités

Il existe deux méthodes d'essai faisant toutes les deux appel à un appareillage qui applique le principe des lois de Boyle-Mariotte. En pratique, les deux méthodes sont désignées sous le nom de méthode de la colonne d'eau et méthode du manomètre et l'appareillage sous le nom de dispositif de mesure à colonne d'eau et dispositif de mesure à manomètre.

3.2 Méthode de la colonne d'eau

Cette méthode consiste à introduire de l'eau sur une hauteur prédéfinie au-dessus d'un échantillon de béton compacté de volume connu se trouvant dans une enceinte hermétique et à appliquer sur l'eau une pression d'air prédéterminée. On mesure la diminution du volume d'air contenu dans l'échantillon de béton en observant la valeur de la baisse du niveau d'eau, la colonne d'eau étant étalonnée en pourcentage d'air de l'échantillon de béton.

3.3 Méthode du manomètre

Cette méthode consiste à égaliser un volume d'air connu, à une pression connue dans une enceinte hermétique avec le volume d'air inconnu de l'échantillon de béton. Le cadran du manomètre est étalonné en pourcentage d'air correspondant à la pression résultante.

4 Méthode de la colonne d'eau

4.1 Appareillage

4.1.1 Dispositif de mesure à colonne d'eau, dont un exemple est représenté à la Figure 1, comprenant :

a) **récipient** : cuve cylindrique en acier ou en métal dur non directement attaquable par la pâte de ciment, ayant une capacité nominale d'au moins 5 l et un rapport du diamètre à la hauteur compris entre 0,75 et 1,25. Le collet extérieur et la surface supérieure du rebord, ainsi que les surfaces intérieures de la cuve doivent être usinés afin d'obtenir un fini lisse. Le récipient doit être étanche à l'eau ; il doit également, de même que l'ensemble couvercle, convenir pour une pression d'essai d'environ 0,1 MPa (N/mm^2) et être suffisamment rigide pour limiter la constante d'expansion, *e*, (voir C.5) à un maximum de 0,1 % de la teneur en air ;

b) **ensemble couvercle** : couvercle conique rigide présentant un rebord et muni d'un tube vertical. Le couvercle doit être en acier ou en métal dur non directement attaquable par la pâte de ciment, ses surfaces intérieures devant être inclinées à 10° au moins par rapport à la surface du rebord. Le collet extérieur et la surface inférieure du rebord ainsi que la face intérieure inclinée doivent être usinés afin d'obtenir un fini lisse. Le couvercle doit être conçu pour pouvoir être fixé sur le récipient afin d'assurer, sans emprisonner d'air, l'étanchéité au joint existant entre les rebords du couvercle et le récipient ;

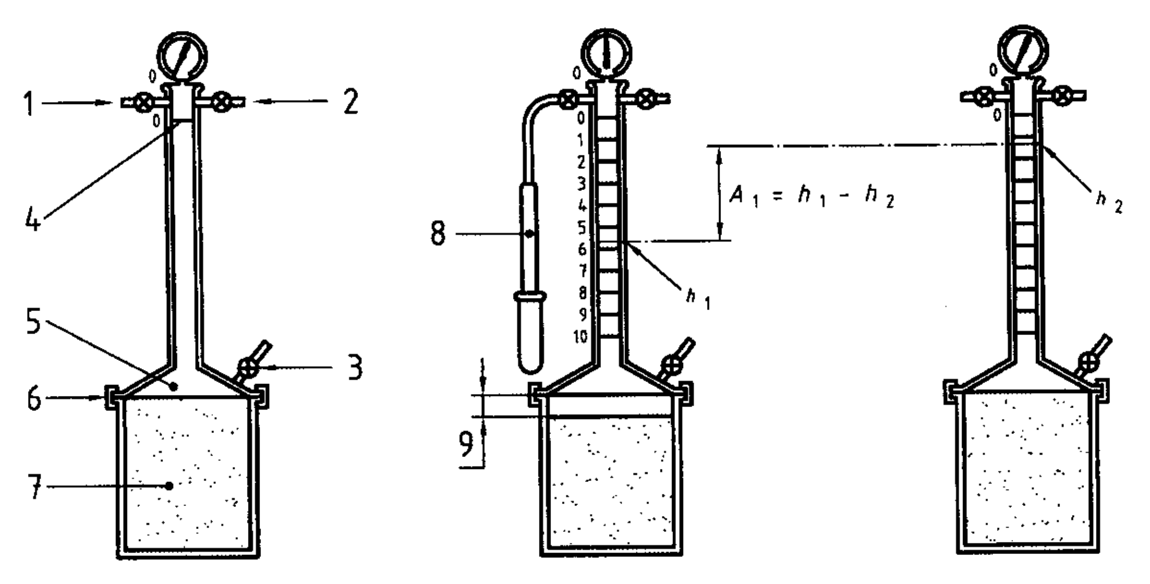
c) **tube vertical** : tube soigneusement alésé en verre gradué, ou en métal uniformément alésé sur lequel est fixé une échelle graduée. Celle-ci doit pouvoir indiquer une teneur en air comprise entre 0 % et au moins 8 % et, de préférence, 10 %. L'échelle doit comporter des graduations par pas de 0,1 %, l'espace entre les graduations étant égal ou supérieur à 2 mm. Une échelle sur laquelle 25 mm représentent 1 % de teneur en air convient ;

d) **couvercle** : muni d'un dispositif permettant d'évacuer l'air du sas, d'une soupape anti-retour et d'un petit robinet de purge d'eau. Un manomètre relié au sas au-dessus de la colonne d'eau doit indiquer la pression appliquée. Il doit être gradué par pas de 0,005 MPa (N/mm^2), l'espace entre les graduations étant égal ou supérieur à 2 mm. Le manomètre doit avoir une étendue de lecture totale de 0,2 MPa (N/mm^2) ;

e) **plaque de répartition ou tube répartiteur** : disque mince résistant à la corrosion, de diamètre égal ou supérieur à 100 mm, destiné à réduire au minimum les perturbations causées au béton lorsqu'on ajoute de l'eau dans l'appareillage. Ou bien tube répartiteur en cuivre de diamètre approprié, pouvant faire partie intégrante de l'ensemble couvercle ou être fourni séparément. Le tube répartiteur doit être construit de façon telle que, lorsqu'on ajoute de l'eau dans le récipient, elle soit répartie sur les parois du couvercle de manière à couler sur les côtés en provoquant au béton un minimum de perturbation ;

f) **pompe à air** : comportant une sortie facilitant le raccordement à la soupape anti-retour de l'ensemble couvercle.

Le dispositif de mesure doit avoir été étalonné au moment de l'essai, en appliquant le mode opératoire de l'Annexe C. Le déplacement du dispositif de mesure en un lieu dont l'altitude diffère de plus de 200 m par rapport au lieu où le dispositif a été étalonné pour la dernière fois nécessitera un réétalonnage.



a) Pression zéro   b) Système fonctionnant à la pression P   c) Pression zéro après relâchement de la pression P

Légende

1 Soupape anti-retour

2 Orifice ou robinet

3 Robinet de purge

4 Repère

5 Eau

6 Serre-joint

7 Béton

8 Pompe à air

9 La pression fait baisser le niveau du béton et de l'eau dans le tube

h_1 (valeur lue à la pression P)

h_2 (valeur lue à la pression zéro après relâchement de la pression P)

Figure 1 — Appareillage de la méthode de la colonne d'eau

NOTE $h_1 - h_2 = A_1$, lorsque le récipient contient du béton comme il est indiqué à la Figure 1.
$h_1 - h_2 = G$ (facteur de correction lié au granulat), lorsque le récipient contient seulement des granulats et de l'eau.
$A_1 - G = A_c$ (teneur en air du béton).

4.1.2 Moyens de mise en place du béton, qui peuvent être l'un des moyens suivants :

a) **aiguille vibrante** : avec une fréquence minimale d'environ 120 Hz (7 200 cycles/min), son diamètre ne dépassant pas environ un quart de la plus petite dimension de l'éprouvette ;

b) **table vibrante**, avec une fréquence minimale d'environ 40 Hz (2 400 cycles/min) ;

c) **tige de piquage** de section circulaire, rectiligne, en acier, d'environ 16 mm de diamètre, d'environ 600 mm de long et dont les extrémités sont arrondies ;

d) **barre de piquage**, rectiligne, en acier, de section carrée d'environ 25 mm × 25 mm, et d'environ 380 mm de long.

4.1.3 Main-écope d'environ 100 mm de large.

4.1.4 Deux truelles en acier ou taloches.

4.1.5 Récipient de réhomogénéisation, plateau plat de construction rigide, en matériau non absorbant et non directement attaquable par la pâte de ciment. Il doit être de dimensions appropriées telles que le béton puisse être complètement réhomogénéisé, à l'aide de la pelle carrée.

4.1.6 Pelle carrée

NOTE La forme carrée est nécessaire pour assurer un gâchage correct du matériau dans le récipient de réhomogénéisation.

4.1.7 Récipient avec embout, ayant une capacité de 2 l à 5 l afin de remplir l'appareillage d'eau.

4.1.8 Maillet, à face souple, d'une masse d'environ 250 g.

4.1.9 Chronomètre, permettant des mesures à 0,5 s près.

4.2 Mode opératoire

4.2.1 Prélèvement

Prélever l'échantillon de béton frais conformément à l'EN 12350-1. Réhomogénéiser l'échantillon avant d'effectuer l'essai.

4.2.2 Remplissage du récipient et serrage du béton

À l'aide de la main écope, placer le béton dans le récipient de manière à éliminer autant d'air occlus que possible. Introduire le béton en trois couches d'épaisseur approximativement égale. Serrer le béton immédiatement après son introduction dans le récipient, de manière à réaliser un serrage à refus du béton, sans ségrégation excessive ni formation de laitance. Serrer chaque couche en appliquant l'une des méthodes décrites ci-après.

NOTE 1 Un serrage à refus est réalisé avec une vibration mécanique, lorsqu'il n'y a plus de grosses bulles d'air à la surface du béton et que la surface devient relativement lisse avec un aspect glacé sans ségrégation excessive.

NOTE 2 Le nombre de coups par couche nécessaire pour réaliser un serrage manuel à refus dépend de la consistance du béton.

La quantité de matériau utilisée dans la couche finale doit être suffisante pour remplir le récipient sans avoir à retirer du matériau en excès. Une petite quantité de béton supplémentaire peut être ajoutée si besoin et serrée ensuite afin de remplir le récipient, mais il convient d'éviter de retirer du matériau en excès.

4.2.3 Vibration mécanique

4.2.3.1[1] *Serrage avec une aiguille vibrante*

Appliquer la vibration pendant la durée minimale nécessaire pour réaliser le serrage à refus du béton. Éviter une vibration trop poussée, qui peut entraîner une perte d'air entraîné.

NOTE 1 Il convient de ne pas endommager le récipient. Il y a lieu de tenir le vibreur verticalement et de ne pas toucher le fond ou les côtés du récipient. Il est recommandé d'utiliser une rehausse de remplissage.

NOTE 2 Des essais en laboratoire ont montré que des précautions particulières sont nécessaires pour éviter la diminution d'air entraîné lorsqu'on utilise une aiguille vibrante.

4.2.3.2 *Serrage avec une table vibrante*

Appliquer la vibration pendant la durée minimale nécessaire pour réaliser le serrage à refus du béton. Il est préférable que le récipient soit fixé, ou maintenu fermement contre la table. Éviter toute vibration excessive, afin de ne pas provoquer une perte de l'air entraîné.

4.2.4 Serrage avec barre ou tige de piquage

Répartir les coups ou piquages de la barre ou tige de manière égale sur toute la section du moule. S'assurer que la tige ou barre de piquage n'entre pas en contact brutal avec le fond du récipient lors du serrage de la première couche, et ne pénètre pas de manière importante dans une couche précédente. Le nombre de coups ou de piquages par couche doit être d'au moins 25. Afin d'éliminer les bulles d'air occlus mais pas l'air entraîné, à l'issue du serrage de chaque couche, tapoter par des coups secs les côtés du récipient à l'aide du maillet jusqu'à disparition des grosses bulles d'air à la surface et élimination des traces laissées par la barre ou tige de piquage.

4.2.5 Mesure de la teneur en air

Nettoyer soigneusement les rebords du récipient et de l'ensemble couvercle. En l'absence de tube répartiteur, placer la plaque de répartition au centre du béton et la mettre en contact par pression. Positionner et fixer l'ensemble couvercle. S'assurer de la bonne étanchéité sous pression entre le couvercle et le récipient. Remplir l'appareillage d'eau et tapoter légèrement à l'aide du maillet afin d'éliminer l'air adhérent aux surfaces intérieures du couvercle. Amener le niveau d'eau à zéro dans le tube vertical en purgeant par le petit robinet, l'orifice étant ouvert. Fermer l'orifice et appliquer la pression d'essai, P, à l'aide de la pompe à air. Enregistrer la valeur lue sur le tube gradué h_1, et relâcher la pression. Lire à nouveau le tube gradué, et si la valeur lue h_2 est inférieure ou égale à 0,2 % de teneur en air, enregistrer la valeur $(h_1 - h_2)$ comme étant la teneur apparente en air A_1, au 0,1 % de teneur en air le plus proche. Si h_2 est supérieure à 0,2 % de teneur en air, appliquer à nouveau la pression d'essai, P, donnant ainsi une valeur lue sur le tube gradué h_3 et une valeur lue finale h_4 après relâchement de la pression. Si $(h_4 - h_2)$ est inférieure ou égale à 0,1 % de teneur en air, enregistrer la valeur $(h_3 - h_4)$ comme étant la teneur apparente en air. Si $(h_4 - h_2)$ est supérieure à 0,1 % de teneur en air, il est probable qu'il y a une fuite et il ne faut pas tenir compte de l'essai.

5 Méthode du manomètre

5.1 Appareillage

5.1.1 Dispositif de mesure à manomètre. L'appareillage, dont un exemple est représenté à la Figure 2, comprend :

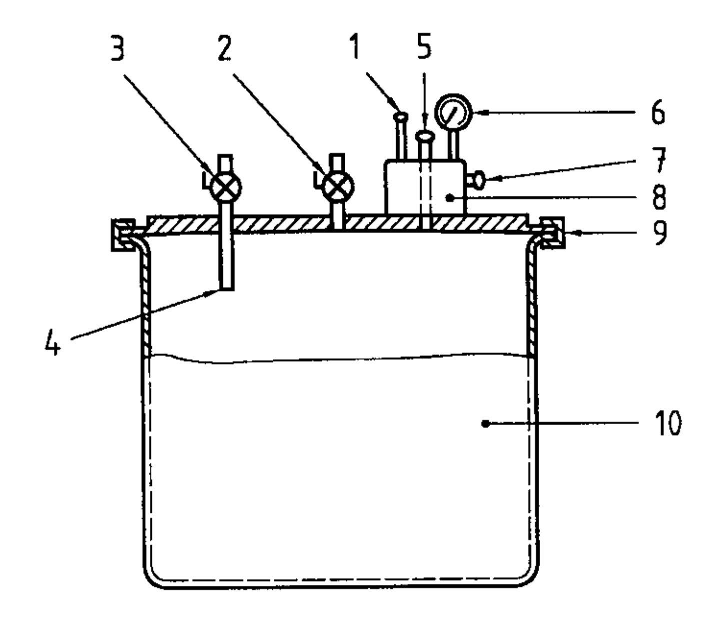
a) **récipient** : cuve cylindrique présentant un rebord, en acier ou en métal dur non directement attaquable par la pâte de ciment, ayant une capacité nominale d'au moins 5 l et un rapport du diamètre à la hauteur compris entre 0,75 et 1,25. Le collet extérieur et les surfaces intérieures de la cuve doivent être usinés afin d'obtenir un fini lisse. Le récipient doit être étanche à l'eau et doit également, de même que l'ensemble couvercle, convenir pour une pression d'essai d'environ 0,2 MPa ;

b) **ensemble couvercle** : couvercle rigide présentant un rebord, en acier ou en métal dur non directement attaquable par la pâte de ciment. Le collet extérieur et la surface inférieure du rebord ainsi que les surfaces intérieures doivent être usinées afin d'obtenir un fini lisse. Le couvercle doit être prévu pour pouvoir être fixé sur le récipient afin d'assurer, sans emprisonner d'air, l'étanchéité au joint existant entre les rebords du couvercle et le récipient ;

c) **manomètre** : monté sur l'ensemble couvercle, étalonné pour indiquer une teneur en air entre 0 % et au moins 8 % et de préférence 10 %. Il convient que les graduations pour différentes plages de l'échelle soient de 0,1 % pour la plage 0 % à 3%, 0,2 % pour la plage 3 % à 6 % et 0,5 % pour la plage 6 % à 10 % ;

d) **pompe à air** : intégrée dans l'ensemble couvercle.

Le manomètre doit avoir été étalonné au moment de l'essai, avec la méthode mentionnée en Annexe D.



Légende

1 Pompe
2 Robinet B
3 Robinet A
4 Tube de prolongement pour vérification de l'étalonnage
5 Soupape principale
6 Manomètre
7 Soupape de purge d'air
8 Sas
9 Système de fixation
10 Récipient

Figure 2 — Appareillage de la méthode à manomètre

5.1.2 Moyen de mise en place du béton, qui peut être l'un des moyens suivants :

a) **aiguille vibrante**, avec une fréquence minimale d'environ 120 Hz (7 200 cycles/min), son diamètre ne dépassant pas environ un quart de la plus petite dimension de l'éprouvette ;

b) **table vibrante**, avec une fréquence minimale d'environ 40 Hz (2 400 cycles/min) ;

c) **tige de piquage** de section circulaire, rectiligne, en acier, d'environ 16 mm de diamètre, environ 600 mm de long, dont les extrémités sont arrondies ;

d) **barre de piquage** en acier, de section carrée, rectiligne, de section d'environ 25 mm × 25 mm et de longueur environ 380 mm.

5.1.3 Main-écope de largeur 100 mm environ.

5.1.4 Deux truelles ou taloches.

5.1.5 Bac de réhomogénéisation, plateau plat de construction rigide, en matériau non absorbant et non directement attaquable par la pâte de ciment. Il doit être de dimensions appropriées telles que le béton puisse être complètement réhomogénéisé, à l'aide de la pelle carrée.

5.1.6 Pelle carrée.

NOTE La forme carrée est nécessaire pour assurer un gâchage correct du matériau dans le récipient de réhomogénéisation.

5.1.7 Seringue, en caoutchouc permettant d'injecter l'eau dans le récipient par la soupape A ou B.

5.1.8 **Maillet**, à face souple, d'une masse d'environ 250 g.

5.1.9 **Chronomètre**, permettant des mesures à 0,5 s près.

5.2 Mode opératoire

5.2.1 Prélèvement

Prélever l'échantillon de béton frais conformément au prEN 12350-1:1999. Réhomogénéiser l'échantillon avant d'exécuter l'essai.

5.2.2 Remplissage du récipient et serrage du béton

À l'aide de la main écope, placer le béton dans le récipient de manière à éliminer autant d'air occlus que possible. Introduire le béton dans le récipient en trois couches d'épaisseur approximativement égale. Serrer le béton immédiatement après l'avoir placé dans le récipient, de manière à réaliser un serrage à refus du béton, sans ségrégation excessive ni laitance. Serrer chaque couche en appliquant l'une des méthodes appropriées décrites ci-après.

NOTE 1 Un serrage à refus est réalisé avec une vibration mécanique, lorsqu'il n'y a plus de grosses bulles d'air à la surface du béton et que la surface devient relativement lisse avec un aspect glacé sans ségrégation excessive.

NOTE 2 Le nombre de coups par couche nécessaire pour réaliser un serrage manuel à refus dépend de la consistance du béton.

La quantité de matériau utilisée dans la couche finale doit être suffisante pour remplir le récipient sans avoir à retirer du matériau en excès. Une petite quantité de béton supplémentaire peut être ajoutée si besoin et serrée ensuite afin de remplir le récipient, mais il convient d'éviter de retirer du matériau en excès.

5.2.3 Vibration mécanique

5.2.3.1 *Serrage avec une aiguille vibrante*

Appliquer la vibration pendant la durée minimale nécessaire pour réaliser le serrage à refus du béton. Éviter une vibration trop poussée, qui peut entraîner une perte d'air entraîné.

NOTE 1 Il convient de veiller à ne pas endommager le récipient. Il y a lieu de tenir le vibreur verticalement et de ne pas toucher le fond ou les côtés du récipient. Il est recommandé d'utiliser une rehausse de remplissage.

NOTE 2 Des essais en laboratoire ont montré que des précautions particulières sont nécessaires pour éviter la diminution d'air entraîné lorsqu'on utilise une aiguille vibrante.

5.2.3.2 *Serrage avec une table vibrante*

Appliquer la vibration pendant la durée minimale nécessaire pour réaliser le serrage à refus du béton. Il est préférable que le récipient soit fixé, ou maintenu fermement contre la table. Éviter toute vibration excessive, afin de ne pas provoquer une perte d'air entraîné.

5.2.4 Serrage avec une barre ou tige de piquage

Répartir les coups ou piquages de la barre ou tige de manière égale sur toute la section du moule. S'assurer que la tige ou barre de piquage n'entre pas en contact brutal avec le fond du récipient lors du serrage de la première couche, et ne pénètre pas de manière importante dans une couche précédente. Le nombre de coups ou de piquages par couche doit être d'au moins 25. Afin d'éliminer les bulles d'air occlus mais pas l'air entraîné, à l'issue du serrage de chaque couche, tapoter par des coups secs les côtés du récipient à l'aide du maillet jusqu'à disparition des grosses bulles d'air à la surface et élimination des traces laissées par la barre ou tige de piquage.

5.2.5 Mesure de la teneur en air

Nettoyer soigneusement les rebords du récipient et de l'ensemble couvercle. Serrer ce couvercle en place. S'assurer de la bonne étanchéité sous pression entre le couvercle et le récipient. Fermer la soupape principale et ouvrir le robinet A et le robinet B. À l'aide d'une seringue, injecter de l'eau par le robinet A ou le robinet B jusqu'à ce que l'eau sorte par l'autre robinet. Frapper légèrement le conteneur avec le maillet jusqu'à ce que tout l'air occlus soit chassé. Fermer la soupape de purge d'air sur le sas et pomper de l'air dans le sas jusqu'à ce que l'aiguille du manomètre atteigne le niveau de pression initiale. Après avoir attendu quelques secondes pour refroidir l'air comprimé à température ambiante, stabiliser l'aiguille du manomètre au niveau de pression initiale en continuant à introduire de l'air avec la pompe ou en le laissant s'échapper, suivant le cas. Au cours de cette opération, tapoter légèrement sur le manomètre. Fermer les robinets A et B et ouvrir ensuite la soupape principale. Taper par des coups secs sur les parois du récipient. Tapoter légèrement sur le manomètre afin de le stabiliser, la valeur lue sur le manomètre étant ensuite égale au pourcentage apparent d'air, A_1. Ouvrir les robinets A et B afin de relâcher la pression avant d'enlever le couvercle.

6 Calcul et expression des résultats

Teneur en air de l'échantillon soumis à l'essai.

Calculer la teneur en air du béton contenu dans le récipient, A_c, par la formule :

$$A_c = A_1 - G$$

où :

A_1 est la teneur apparente en air de l'échantillon soumis à l'essai ;

G est le facteur de correction lié au granulat.

Exprimer la teneur en air en pourcentage après avoir arrondi au 0,1 % le plus proche.

NOTE Les annexes A et B présentent les méthodes de détermination de la valeur de correction liée au granulat.

7 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir :

a) l'identification de l'échantillon soumis à essai ;

b) le lieu de réalisation de l'essai ;

c) la date et l'heure de réalisation de l'essai ;

d) la mesure de la consistance de l'échantillon ;

e) la méthode de serrage ;

f) la correction liée au granulat (le cas échéant) ;

g) la méthode d'essai et le mode opératoire utilisés (colonne d'eau ou manomètre) ;

h) les informations particulières à l'essai, par exemple altitude ;

i) la teneur en air mesurée ;

j) tout écart par rapport à la méthode d'essai normalisée (le cas échéant) ;

k) une déclaration de la personne ayant procédé à l'essai indiquant qu'il a été effectué conformément à la présente norme, à l'exception de ce qui est noté en l).

Le rapport pourra inclure :

l) la température de l'échantillon réhomogénéisé ;

m) les observations sur l'état de l'échantillon pour essai.

8 Fidélité

8.1 Méthode de la colonne d'eau

Les données relatives à la fidélité sont présentées dans le Tableau 1. Elles s'appliquent aux mesures de la teneur en air effectuées selon la méthode de la colonne d'eau sur du béton provenant du même prélèvement et serré manuellement, si chaque résultat d'essai provient d'une seule détermination de la teneur en air.

Tableau 1 — Données sur la fidélité pour les mesures de la teneur en air

Valeurs en pourcentage

Niveau	Conditions de répétabilité		Conditions de reproductibilité	
	s_r	r	s_R	R
5,6	0,16	0,4	0,45	1,3

NOTE 1 Les données relatives à la fidélité ont été déterminées dans le cadre d'une expérience effectuée au Royaume-Uni en 1987, au cours de laquelle des données relatives à la fidélité ont été obtenues pour plusieurs des essais décrits dans la BS 1881 «(toutes les parties), Essais du béton». 16 opérateurs avaient participé à l'expérience. Les bétons avaient été confectionnés en utilisant du ciment Portland ainsi que du sable et des gravillons de 10 mm et 20 mm de la vallée de la Tamise.

NOTE 2 La différence entre deux résultats d'essais obtenus sur des échantillons issus du même prélèvement, par un opérateur utilisant le même appareillage, dans l'intervalle de temps le plus court possible, ne dépassera la valeur de répétabilité r, sur la moyenne, qu'une fois sur 20, lors de l'application normale et correcte de la méthode.

NOTE 3 Les résultats d'essais obtenus sur des échantillons issus du même prélèvement, pendant l'intervalle de temps le plus court possible, par deux opérateurs utilisant chacun leur propre appareillage ne différeront de la valeur de reproductibilité R, sur la moyenne, qu'une fois sur 20, lors de l'application normale et correcte de la méthode.

NOTE 4 Pour de plus amples informations sur la fidélité et pour des définitions des termes statistiques associés à la fidélité, voir l'ISO 5725.

8.2 Méthode du manomètre

Aucune donnée n'est disponible sur la fidélité de la méthode du manomètre.

Annexe A

(normative)

Facteur de correction lié au granulat — Méthode de la colonne d'eau

A.1 Généralités

Le facteur de correction lié au granulat variera avec des granulats différents et, bien qu'il reste sensiblement constant pour un granulat donné, un contrôle doit être effectué de temps en temps. Le facteur de correction lié au granulat ne peut être déterminé qu'expérimentalement car il n'a pas de rapport direct avec l'absorption d'eau par les grains.

A.2 Classe granulaire de l'échantillon

Déterminer le facteur de correction lié au granulat en appliquant la pression d'essai à un échantillon comprenant des gros granulats et des granulats fins approximativement dans les proportions et les conditions d'humidité de l'échantillon de béton. Prélever l'échantillon de granulats en extrayant par lavage le ciment de l'échantillon de béton soumis à l'essai de détermination de la teneur en air, sur un tamis de 150 µm, ou en utilisant un échantillon comprenant une proportion de gros granulats et de granulats fins semblable à ce qui est utilisé dans le béton. Dans ce dernier cas, calculer respectivement les masses des granulats fins et des gros granulats à utiliser, m_f et m_c, comme suit :

$$m_f = V_0 D p_f$$

$$m_c = V_0 D p_c$$

où :

p_f et p_c sont respectivement les proportions de granulats fins et de gros granulats, exprimées en fractions en masse du mélange total de béton (granulats, ciment et eau) ;

V_0 est la capacité du récipient (en mètres cubes) (voir C.3 de l'Annexe C) ;

D est la masse volumique du béton à soumettre à essai (en kilogrammes par mètre cube), déterminée conformément à l'EN 12350-6 ou calculée à partir des proportions et masses volumiques connues des matériaux et de la teneur nominale en air.

A.3 Remplissage du récipient

Remplir partiellement d'eau le récipient de l'appareillage, puis introduire l'échantillon préparé de granulat en petites quantités. Cette façon de procéder permet d'emprisonner le moins d'air possible. Si nécessaire, ajouter de l'eau afin de recouvrir tout le granulat. Après chaque pelletée, enlever rapidement toute la mousse, puis remuer le granulat à l'aide de la barre de piquage et tapoter le récipient à l'aide du maillet afin de dégager l'air occlus.

A.4 Détermination du facteur de correction lié au granulat

Après avoir placé tous les granulats dans le récipient, nettoyer les rebords du récipient, positionner et fixer le couvercle. Remplir l'appareillage d'eau et tapoter légèrement avec le maillet pour retirer l'air adhérant aux surfaces intérieures de l'appareillage. Amener le niveau d'eau à zéro dans le tube vertical en purgeant par le petit robinet, orifice ouvert. Fermer l'orifice et appliquer la pression d'essai, P, au moyen de la pompe à air.

Enregistrer la valeur lue sur le tube gradué comme étant h_1, relâcher la pression et procéder à une nouvelle lecture, h_2. Répéter une fois l'ensemble du mode opératoire, ce qui donne ainsi une seconde série de lectures h_3 et h_4. Prendre la moyenne de $(h_1 - h_2)$ et $(h_3 - h_4)$ comme étant le facteur de correction lié au granulat G, sauf si les deux valeurs de $(h_1 - h_2)$ et $(h_3 - h_4)$ diffèrent de plus de 0,1 % de teneur en air ; effectuer dans ce cas d'autres déterminations jusqu'à obtention de résultats cohérents.

Annexe B

(normative)

Facteur de correction lié au granulat — Méthode du manomètre

B.1 Généralités

Le facteur de correction lié au granulat variera avec des granulats différents et, bien qu'il reste sensiblement constant pour un granulat donné, des contrôles doivent être effectués de temps en temps. Le facteur de correction lié au granulat ne peut être déterminé qu'expérimentalement car il n'a pas de rapport direct avec l'absorption d'eau par les grains.

B.2 Classe granulaire de l'échantillon

Déterminer le facteur de correction lié au granulat en appliquant la pression d'essai à un échantillon comprenant des gros granulats et des granulats fins approximativement dans les proportions et les conditions d'humidité de l'échantillon de béton. Prélever l'échantillon de granulats en extrayant par lavage le ciment de l'échantillon de béton soumis à l'essai de détermination de la teneur en air, sur un tamis de 150 µm, ou en utilisant un échantillon comprenant une proportion de gros granulats et de granulats fins semblable à ce qui est utilisé dans le béton. Dans ce dernier cas, calculer respectivement les masses des granulats fins et des gros granulats à utiliser, m_f et m_c, comme suit :

$$m_f = V_0 D p_f$$

$$m_c = V_0 D p_c$$

où :

p_f et p_c sont respectivement les proportions de granulats fins et de gros granulats, exprimées en fractions en masse du mélange total de béton (granulats, ciment et eau) ;

V_0 est la capacité du récipient (en mètres cubes) (voir D.3 de l'Annexe D) ;

D est la masse volumique du béton à soumettre à essai (en kilogrammes par mètre cube), déterminée conformément à l'EN 12350-6 ou calculée à partir des proportions et masses volumiques connues des matériaux et de la teneur nominale en air.

B.3 Remplissage du récipient

Remplir partiellement d'eau le récipient de l'appareillage, puis introduire l'échantillon préparé de granulat en petites quantités de façon à emprisonner le moins d'air possible.

Si nécessaire, ajouter de l'eau afin de recouvrir tout le granulat. Après chaque pelletée, enlever rapidement toute la mousse, puis remuer le granulat à l'aide de la barre de piquage et tapoter le récipient à l'aide du maillet afin de dégager l'air occlus.

B.4 Détermination du facteur de correction lié au granulat

Après avoir placé tous les granulats dans le récipient, nettoyer les rebords du récipient, positionner et fixer le couvercle de manière à obtenir l'étanchéité sous pression. Fermer la soupape principale et ouvrir les robinets A et B. A l'aide de la seringue en caoutchouc, injecter de l'eau par le robinet A ou B jusqu'à ce qu'elle ressorte par l'autre robinet. Tapoter légèrement l'appareillage avec le maillet jusqu'à expulsion par ce même robinet de tout l'air occlus. Retirer du récipient un volume d'eau approximativement équivalent au volume d'air que contiendrait un échantillon type de béton de grandeur égale au volume du récipient. Retirer l'eau de l'appareillage de la manière décrite en D.4 sur l'essai d'étalonnage. Terminer l'essai en appliquant le mode opératoire décrit en 5.2.5.

Le facteur de correction lié au granulat, G, est égal à la valeur lue sur l'échelle de teneur en air diminuée du volume d'eau enlevé du récipient, exprimée en pourcentage de la capacité du récipient.

Annexe C

(normative)

Étalonnage de l'appareil — Méthode de la colonne d'eau

C.1 Généralités

C.1.1 Les essais d'étalonnage décrits en C.3, C.4, C.5 et C.6 doivent être effectués au moment de l'étalonnage initial de l'appareillage et toutes les fois que cela sera nécessaire pour vérifier un changement éventuel de la capacité du cylindre étalon ou du récipient. L'essai d'étalonnage décrit en C.7 et C.8 doit être effectué aussi fréquemment que nécessaire pour contrôler le manomètre de manière à s'assurer que l'on a utilisé la pression correspondante correcte P. Un réétalonnage de l'appareillage sera également nécessaire lorsque l'altitude de l'endroit où il doit être utilisé varie de plus de 200 m par rapport à l'endroit où il a été étalonné pour la dernière fois.

C.2 Appareillage

C.2.1 **Cylindre étalon**, en laiton ou autre métal dur résistant à la corrosion, d'une capacité d'environ 0,3 l. Le collet du cylindre doit être usiné de manière à obtenir une surface lisse et plane, perpendiculaire à l'axe du cylindre.

C.2.2 **Support**, du cylindre étalon en matériau résistant à la corrosion, permettant à l'eau de couler librement dans ou hors du cylindre une fois renversé.

C.2.3 **Ressort**, ou équivalent, en matériau résistant à la corrosion, destiné à maintenir en place le cylindre étalon.

C.2.4 **Plaques transparentes**, l'une pour fermer le cylindre étalon et l'autre le récipient.

C.2.5 **Balances.** Balance étalonnée pouvant peser jusqu'à 1 kg avec une précision de ± 0,5 g dans la plage utilisée pendant l'essai et une balance étalonnée pouvant peser jusqu'à 20 kg avec une précision de ± 5 g dans la plage utilisée pendant l'essai.

C.3 Capacité du cylindre étalon

À l'aide de la balance de 1 kg, déterminer la capacité du cylindre étalon en mesurant la masse d'eau nécessaire pour le remplir. À cet effet, remplir le cylindre pesé avec de l'eau à température ambiante (entre 15 °C et 25 °C) et le recouvrir avec soin de la plaque transparente préalablement pesée, en s'assurant qu'aucune bulle d'air n'a été emprisonnée sous la plaque et que le surplus d'eau a été éliminé avant de peser l'ensemble. En répétant ce mode opératoire, effectuer au total trois pesées du cylindre couvert et rempli d'eau. Calculer la masse d'eau moyenne, m_1, contenue dans le cylindre plein et l'enregistrer au 0,5 g le plus proche.

C.4 Capacité du récipient

À l'aide de la balance de 20 kg, déterminer la capacité du récipient en mesurant la masse d'eau nécessaire pour le remplir. À cet effet, étaler une mince couche de graisse sur le rebord du récipient ; après avoir pesé le récipient vide, le remplir d'eau à température ambiante (entre 15 °C et 25 °C) et créer un joint étanche en glissant la plaque transparente pesée sur le haut du récipient, en s'assurant qu'aucune bulle d'air n'est emprisonnée sous la plaque et que le surplus d'eau a été éliminé avant de peser l'ensemble. En répétant ce mode opératoire, effectuer au total trois pesées du récipient couvert et rempli d'eau. Calculer la masse d'eau moyenne, m_2, contenue dans le récipient plein et l'enregistrer au 5 g les plus proches.

C.5 Constante d'expansion, *e*

Déterminer la constante d'expansion en remplissant d'eau l'appareillage, en s'assurant que tout l'air occlus a été éliminé, que le niveau d'eau est exactement au repère zéro et qu'une pression d'air de 100 kPa est appliquée. La valeur lue sur la colonne d'eau (en pourcentage de teneur en air) sera la constante d'expansion, *e*, correspondant à l'appareillage.

NOTE En toute rigueur, il convient que la pression d'air appliquée au cours de ce mode opératoire soit la pression d'essai requise *P*, déterminée en C.8. Toutefois, la valeur de *e* étant nécessaire pour déterminer *P* par la constante d'étalonnage *K*, il existe un cycle d'opérations logiquement en boucle. En pratique, la variation de *e*, due à une variation de *P*, est suffisamment faible pour être négligée. *P* se situant généralement aux environs de 100 kPa, cette valeur est prescrite pour surmonter le problème. Son utilisation donnera une valeur de e suffisamment exacte pour l'essai.

C.6 Constante d'étalonnage *K*

La constante d'étalonnage est la lecture qui doit être faite sur l'échelle de teneur en air au cours de la procédure d'étalonnage de routine afin d'obtenir la pression requise pour faire directement correspondre les graduations de l'échelle de teneur en air avec le pourcentage d'air introduit dans le récipient par le cylindre étalon lorsque le récipient est plein d'eau.

La constante *K* est généralement calculée selon la formule suivante :

$$K = 0{,}98\,R + e$$

où :

e est la constante d'expansion (voir C.5) ;

R est la capacité du cylindre étalon, exprimée par rapport à la capacité du récipient et calculée avec la formule :

$$R = \frac{m_1}{m_2} \times 100\ \%$$

NOTE Le facteur 0,98 sert à corriger la réduction de volume d'air dans la mesure étalon lorsqu'elle est comprimée par une hauteur d'eau égale à la profondeur du récipient. Ce coefficient est approximativement égal à 0,98 pour un récipient de 200 mm de profondeur au niveau de la mer. Sa valeur tombe à environ 0,975 à 1 500 m au-dessus du niveau de la mer et à 0,970 m à 4 000 m au-dessus du niveau de la mer. La valeur de la constante diminuera d'environ 0,01 tous les 100 mm d'augmentation de la profondeur du récipient. Le terme 0,98*R* représente donc le volume effectif de la mesure étalon, exprimé en pourcentage du récipient dans les conditions normales de fonctionnement.

C.7 Pression d'essai requise

Placer le support du cylindre étalon au centre du fond du récipient propre et poser le cylindre sur le support, son extrémité ouverte étant tournée vers le bas. Placer le ressort spirale sur le cylindre et serrer avec soin l'ensemble couvercle en place.

Remplir l'appareillage d'eau à température ambiante jusqu'à un niveau se situant au-dessus repère zéro sur l'échelle de teneur en air. Fermer l'orifice supérieur et introduire de l'air avec la pompe dans l'appareil approximativement jusqu'à la pression d'essai (100 kPa environ). Tapoter légèrement les parois et le couvercle à l'aide du maillet afin d'éliminer autant d'air occlus que possible adhérant aux surfaces intérieures de l'appareillage et réduire progressivement la pression en ouvrant l'orifice. Amener le niveau d'eau exactement au repère zéro en laissant échapper l'eau par le petit robinet du couvercle conique et fermer l'orifice. Appliquer une pression à l'aide de la pompe jusqu'à ce que la lecture du niveau d'eau soit égale à la constante d'étalonnage, *K* (voir C.6). Enregistrer la pression *P* indiquée sur le manomètre. Relâcher progressivement la pression en ouvrant l'orifice jusqu'à indication de la pression zéro. Si le niveau d'eau revient à une valeur inférieure à 0,05 % de teneur en air, considérer la pression *P* comme la pression d'essai. S'il n'y revient pas, rechercher une fuite de l'appareillage et répéter le mode opératoire.

C.8 Autre pression d'essai possible

L'étendue des teneurs en air qui peuvent être mesurées avec un appareillage donné peut être élargie en déterminant une autre pression d'essai appropriée ; si, par exemple, l'étendue doit être doublée, l'autre pression d'essai possible, P_1, est celle pour laquelle l'appareillage indique la moitié de la lecture d'étalonnage, K, (voir C.6).

Un étalonnage précis nécessitera la détermination de la constante d'expansion, e, (voir C.5) pour la pression d'essai réduite mais l'autre pression d'essai possible peut être déterminée au cours de la détermination de la pression d'essai normale car on peut ne pas tenir compte de la variation de la constante d'expansion (voir C.7).

Annexe D

(normative)

Étalonnage de l'appareil — Méthode du manomètre

D.1 Généralités

L'essai d'étalonnage détaillé ci-dessous doit être effectué aussi fréquemment que nécessaire pour vérifier l'exactitude des graduations indiquant la teneur en air sur le cadran du manomètre.

NOTE Le réétalonnage de l'appareillage n'est pas nécessaire lors de variations de l'altitude d'utilisation ou de la pression atmosphérique.

D.2 Appareillage

D.2.1 Cylindre étalon, en laiton ou autre métal résistant à la corrosion, d'une capacité d'environ 0,3 l et pouvant être intégré à l'ensemble couvercle.

D.2.2 Plaque transparente, permettant de fermer le récipient.

D.2.3 Balance, étalonnée pouvant peser jusqu'à 1 kg avec une précision de ± 0,5 g dans la plage utilisée pendant l'essai et une balance étalonnée pouvant peser jusqu'à 20 kg avec une précision de ± 5 g dans la plage utilisée pendant l'essai.

D.3 Vérification de la capacité du récipient

La capacité du récipient est obtenue en déterminant la masse d'eau, m_2, nécessaire pour le remplir.

Étaler une mince couche de graisse sur le rebord du récipient pour constituer un joint étanche entre la plaque transparente et le haut du récipient. Remplir le récipient d'eau à température ambiante et le couvrir avec la plaque transparente afin d'éliminer tout ménisque convexe. Éliminer le surplus d'eau en essuyant et déterminer la masse du récipient rempli d'eau en le pesant sur la balance.

D.4 Vérification des graduations de teneur en air sur le manomètre

Fixer le tube-rallonge (voir Figure 2) dans le trou taraudé sous le robinet A sur la face de dessous de l'ensemble couvercle et serrer ce dernier en place, en s'assurant de la bonne étanchéité sous la pression entre le couvercle et le récipient. Fermer la soupape principale d'air et ouvrir les robinets A et B. Ajouter de l'eau par le robinet A jusqu'à ce que tout l'air soit expulsé par le robinet B. Introduire avec la pompe de l'air dans le sas jusqu'à ce que la pression atteigne le niveau repéré de pression initiale. Après avoir attendu quelque secondes pour refroidir l'air comprimé à température ambiante, stabiliser l'aiguille du manomètre au niveau repéré de pression initiale en continuant à introduire de l'air avec la pompe ou en le laissant s'échapper, suivant le cas. Au cours de cette opération, tapoter légèrement sur le manomètre et fermer le robinet B.

Transférer l'eau de l'appareillage vers le cylindre étalon en quantité juste suffisante pour le remplir ou jusqu'à une ligne prédéterminée marquée sur le cylindre, puis déterminer la masse d'eau déplacée, m_3, par pesage sur la balance.

En fonction de la conception de l'appareil donné, contrôler l'écoulement de l'eau en ouvrant le robinet A et en utilisant la soupape principale pour ce contrôle ou en ouvrant la soupape principale et en utilisant le robinet A pour le contrôle. Relâcher ensuite la pression dans le récipient en ouvrant le robinet B (si l'appareillage possède un tube auxiliaire pour le remplissage du cylindre étalon, ouvrir le robinet A pour vider le tube dans le récipient ou, si l'étalonnage fait partie intégrante de l'ensemble couvercle, fermer le robinet A immédiatement après avoir rempli la mesure étalon et le laisser fermé jusqu'à la fin de l'essai). Le volume d'air contenu dans le récipient est alors égal au volume d'eau déplacé; fermer tous les robinets, introduire avec la pompe de l'air dans le sas jusqu'à ce que la pression atteigne le niveau repéré de pression initiale, puis ouvrir la soupape principale. La teneur en air indiquée par le manomètre correspond au pourcentage d'air, A_1, déterminé comme devant exister dans le récipient, où $A_1 = m_3/m_2 \times 100$ %. Si deux déterminations ou plus présentent la même variation par rapport à la teneur en air correcte, déplacer l'aiguille du manomètre à la teneur en air correcte et répéter l'essai jusqu'à ce que la lecture faite sur le manomètre corresponde à la teneur en air étalonnée à 0,1 % de teneur en air.